

LES TRAITEMENTS PESTICIDES A DÉBIT RÉDUIT EN CULTURE FRUITIÈRE TROPICALE

LES HUILES DE TRAITEMENTS,
LEUR PHYTOTOXICITÉpar J. CUILLÉ et B. BLANCHET
(I. F. A. C.)

Alors que le deuxième mémoire de cette série était consacré par J. BRUN à l'action fongitoxique des huiles minérales, nous abordons maintenant la recherche des facteurs déterminant leur toxicité pour le végétal.

L'étude de J. CUILLÉ et B. BLANCHET constitue une étape préliminaire visant à définir les propriétés physico-chimiques des huiles particulièrement importantes quant à l'apparition des symptômes graves pour la plante. Il s'agit de tenter de minimiser les répercussions de véritables accidents dus à un emploi exagéré d'huiles minérales par un choix judicieux de ces produits. L'influence de l'application de doses normales d'huiles sur la physiologie de la plante a également été abordée par d'autres chercheurs qui publieront leurs résultats ultérieurement.

L'expérience encore trop récente que l'on a des traitements par « brouillards légers » à l'huile n'a pas permis une étude systématique des huiles minérales végétales, animales ou synthétiques. Les propriétés exigées des huiles dépendent au premier chef de la tolérance de la plante pour ces produits tous phytotoxiques à des degrés divers. Les applications ayant été surtout effectuées sur le bananier, plante résistant bien à l'action phytotocide des hydrocarbures, toutes sortes de qualités d'huiles ont pu être expérimentées sans inconvénient majeur. Cela ne signifie pas que toutes ces huiles présentent le même in-

térêt ou, à la longue, une inocuité semblable pour la plante.

Les plus récents travaux montrent, en outre, que l'huile ne joue pas uniquement un rôle de support pour le fongicide contenu dans la formule, mais que son action sur le développement du champignon *Cercospora musae* est très importante. Ce mode de traitement devant se développer tant sur bananier que sur d'autres cultures, il nous a semblé intéressant, en profitant largement des données bibliographiques, de définir les huiles utilisables par cette nouvelle technique des traitements huileux « brouillards légers ».

PROPRIÉTÉS PHYSICO-CHIMIQUES

Il n'entre pas dans notre propos d'entreprendre une revue complète des études chimiques et technologiques parues sur les huiles, nous nous efforçons de résumer les principales caractéristiques des huiles dites agricoles.

Huiles de pétrole.

Lors de la distillation du pétrole brut, 6 catégories de produits se séparent d'après leurs températures d'ébullition (Shepard) ; ce sont :

1. Naphte, essence, éther de pétrole et benzine. 70-150°
2. Kérosène. 150-300°
3. Gas-oil, fuel-oil. 250-350°
4. Huiles lubrifiantes. 300° et +
5. Paraffine (séparé de 4 par refroidissement).
6. Asphalte, goudrons, poix-coke, restant sous forme de résidus.

Généralement les huiles agricoles appartiennent aux fractions allant du fuel-oil aux huiles légères lubrifiantes (Chapman et col.).

Selon l'origine des pétroles bruts dont elles sont issues, les huiles sont composées en plus forte proportion de carbures paraffiniques ou naphthéniques (il est d'ailleurs plus correct pour ces derniers car-

bures de les appeler asphaltiques, ainsi que le fait remarquer Ebeling).

Chapman et col. indiquent la composition des huiles de différentes origines :

TYPE	RAFFINAGE	POURCENTAGE DE CHAQUE STRUCTURE		
		Chaînes paraf.	Noyaux naphthén.	Aromat.
Paraffinique	Classique	75	15	10
Naphthénique	Moyennement acide	50	40	10
Naphthénique	Classique	45	38	17

Outre ces importantes variations, les divers crus de pétrole sont tous différents et leur composition chimique extrêmement complexe.

Les composants des huiles appartiennent aux séries suivantes :

1. Composés aliphatiques de la série paraffinique, saturés (série de l'Octane..).
2. Composés naphthéniques : saturés cycliques (série ducyclohexane...).
3. Composés aromatiques de la série du benzène avec des doubles liaisons sur le noyau benzénique, donc non saturés.
4. Oléfines, composés non saturés et dérivés étyléniques et acétyléniques (série de l'Octène...).
5. Composants divers, dérivant des résines ou des composés asphaltiques, soufre, mercaptans, composés azotés...

On comprend aisément la complexité chimique d'une huile donnée dans laquelle les carbures des différentes séries se trouvent mélangés en fonction de leur volatilité et de l'origine des pétroles dont ils dérivent, sans parler des mélanges pouvant intervenir avec des huiles déjà raffinées.

Voyons cependant quels sont les caractères physico-chimiques utilisables pratiquement pour définir les huiles agricoles.

La viscosité des huiles, propriété du fluide caractérisée par la résistance qu'opposent ses molécules à une force tendant à les déplacer dans son sein, est

évaluée soit par la viscosité absolue exprimée en stockes (ou centistokes), pour les mesures cinématiques et en poises (ou centipoises) pour les mesures dynamiques. Une mesure empirique beaucoup plus rapide est obtenue avec les viscosimètres « à écoulement », divers modèles sont utilisés dans les différents pays, en Amérique le Saybolt, en Angleterre le Redwood et en France le Engler ou le Barbey. Les mesures faites avec ces appareils doivent avoir une précision de 2 %, la conversion en unités de viscosité absolue ne sont qu'approximatives. Pour le sujet qui nous occupe, ces mesures rapides sont suffisantes dans la majorité des cas.

Par ces mesures, on obtient une indication sur la taille des molécules composant l'huile. Toutefois, la taille des molécules n'est pas seule à exercer une action, leur forme peut également intervenir. CHAPMAN cite le cas de deux huiles d'origines différentes : l'une hautement paraffinique avait une viscosité de 50 sec. Saybolt à 38° C (2,6° E) aurait dû avoir une action moindre (étant moins visqueuse) qu'une autre huile d'origine naphthénique qui, elle, avait une viscosité de 125 à 130 sec. (3,4 à 3,6° E). Or l'inverse fut observé : à taille moléculaire égale, les huiles naphthéniques ayant toujours une viscosité plus élevée.

Les différentes classifications des huiles agricoles aux États-Unis en fonction de leurs viscosités sont les suivantes :

Avec des pétroles de Californie (1946-47) :

	(EBELING)		(CHAPMAN)	
	SAYBOLT à 38° C	E	SAYBOLT à 38° C	E
légère	59,3	1,82°	55-65	1,72-1,95°
légère médium	68,5	2,07	60-75	1,85-2,25
médium	77,8	2,3	70-85	2,12-2,5
lourde médium	86,7	2,55	80-95	2,35-2,75
lourde	103,2	2,95	90-105	2,6-3

Sur Citrus des produits pétroliers plus légers encore ont été employés, le Kérosène et la qualité d'huile « Mineral seal » de 40-50 Saybolt (1,35-1,6° E).

En France la viscosité requise par les normes A. F. N. O. R. est de 8,6 à 14,6 csk à 50° C. Soit 1,7 à 2,35° E à 50° ce qui correspond à peu près à 2-2,65° E à 38° ; les huiles : légère médium et médium seules entrant dans ces catégories.

Pour les traitements « par brouillards légers », la viscosité imposée en général par la vitesse d'écoulement optimum dans les canalisations de l'appareil de traitement est de 4 à 7° Engler à 20° C.

Il faut tenir compte cependant de la courbe de la viscosité en fonction de la température. En effet les huiles naphthéniques à teneur élevée en aromatiques perdent rapidement leur viscosité entre 20 et 30° C température d'utilisation possible. On peut remédier en partie à cet inconvénient par addition d'agents spéciaux utilisés pour les huiles moteur.

Densité. La densité des huiles est variable non seulement avec le poids moléculaire, mais aussi avec la composition chimique. Pour des huiles de même viscosité, la densité augmente selon les structures : paraffinique, naphthénique et aromatique (SHEPARD).

Les appareils les plus utilisés pour les mesures sont les densimètres pour les produits liquides et les pycnomètres dans le cas des produits pâteux. La précision des mesures doit être de 0,001 ; on utilisera donc des densimètres gradués par unité comprenant chacun 60 graduations : 650 à 710, 700 à 760... jusqu'à 1 050. La mesure est faite à 20° C.

Aux U. S. A. la densité est souvent exprimée en degrés Beaumé ou en A. P. I.

La densité des huiles brutes varie entre 0,65 et 1,06 ; les Kérosènes de 0,78 à 0,92 et les huiles plus couramment utilisés pour les traitements de 0,84 à 0,92.

La législation française impose pour les huiles agricoles les densités suivantes :

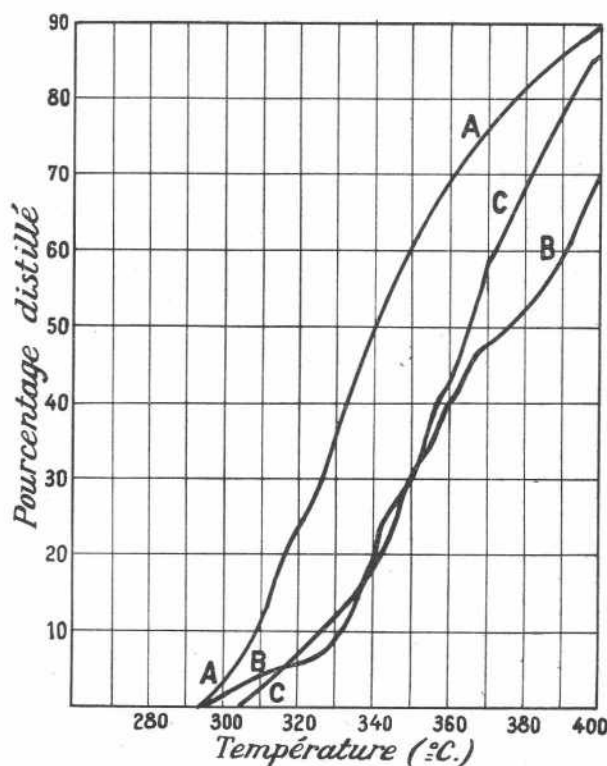
Huile d'été.....	0,840 à 0,920
Huile d'hiver.....	0,860 à 0,930

Température de distillation.

Nous avons vu précédemment que les différentes fractions pétrolières étaient séparées par distillation. Il est intéressant, par la suite, pour caractériser un produit et surtout pour juger de son homogénéité, de procéder à une nouvelle distillation. Les résultats sont exprimés pour le pourcentage d'huile distillé

à chaque température lors de l'échauffement progressif du récipient contenant l'huile. La comparaison de courbes de distillation pour des produits pétroliers divers est plus intéressante que la connaissance d'un seul point. En fait on indique généralement la température à laquelle distille un certain pourcentage du volume total. La législation française pour les huiles agricoles indique 60 % minimum du volume passant à 400° C. Cette donnée est intéressante, mais EBELING montre que les courbes complètes de distillation permettent de distinguer les produits homogènes obtenus directement par distillation des mélanges de différentes fractions. Soit 3 huiles A, B et C : A présente une courbe homogène montrant que l'on a affaire uniquement à une huile légère médium. B, dont la température initiale de distillation est la même que A et qui, à 335,6°, a le même pourcentage d'huile distillée que C est un mélange d'huiles : très légère, médium et très lourde. Les trois phases de la distillation sont visibles sur la courbe C, huile lourde homogène, à une température de distillation initiale plus élevée que B et à 400°

FIG. 1 : Courbes de distillation de 3 huiles A, B et C.
(Extrait de l'ouvrage d'Ebeling Subtropical Entomology.)



70 % seulement de l'ensemble est distillé contre 87 % pour B.

L'expérience a montré, lors de traitements, sur Citrus, que l'huile B possédait une phytotoxicité beaucoup trop élevée, à cause de sa trop forte teneur en huiles lourdes.

Seule la distillation permettait de différencier les huiles A et B sans avoir recours, bien entendu, à des analyses chimiques complexes.

Voici quelques indications sur les températures de distillation des principales qualités d'huiles agricoles américaines :

(D'APRÈS CHAPMAN)		(D'APRÈS EBELING)			
		% dist. à 335° C	Températures auxquelles distillent :		
% dist. à 335° C			5 %	50 %	90 %
Light	64-79	66,2	290° C	325° C	357° C
Light-médium	52-61	55,4	298,6	331	372,5
Medium	40-49	43,2	305	339	379
Heavy-médium	28-37	39,1	307	346,5	386,5
Heavy	10-25	18	322	354,5	386
Kérozène	100				
Kérozène désodorisé	100				
Seal oil	95				

Évaporation.

EBELING décrit une méthode, reconnue officiellement aux U. S. A., pour déterminer le pourcentage d'évaporation des Kérosènes et huiles légères. L'huile est placée dans une coupelle en présence de sable et chauffée au bain-marie pendant 6 heures ; par pesées on détermine le pourcentage évaporé à 0 h 30, 1, 2, 4 et 6 heures.

LALLATA indique une autre méthode pour la détermination de la volatilité des huiles : on mesure la perte de poids en 4 heures d'un échantillon de 20 g placé dans une capsule de 9 cm de diamètre dans une étuve chauffée à 110° C.

Il semble que l'action insecticide des huiles utilisées pour la lutte contre le Pou de San José diminue lorsque la volatilité dépasserait 1 %. L'auteur en déduit que l'action des huiles sur les cochenilles est inversement proportionnelle à la volatilité.

L'influence de la volatilité se manifeste bien entendu en agissant sur la rémanence des dépôts constitués sur la végétation. Il est à remarquer que, selon le test de Lallata, un gas-oil présente une évaporation

de 32,5 %, alors qu'une huile habituellement employée pour les traitements par brouillards huileux ne s'évapore qu'à raison de 1,50 %. Ce facteur peut donc influencer sur la rémanence du dépôt, mais certainement uniquement lorsque l'insolation est importante.

Tension superficielle.

SHEPHARD donne les valeurs suivantes pour la tension superficielle des dérivés pétroliers : à 20° C.

Bruts (sauf certains californiens) E. ...	24 à 26 dynes par centimètre
Bruts californiens ...	25 à 38
Naphtes et essence E	
inf. à 150°.	19 à 23
Kérosène 150° à 300°. ..	23 à 32
Huiles lubrifiantes. ...	supérieure

La tension interfaciale entre l'eau et les huiles du type light médium varie en fonction de l'indice de sulfonation (d'après EBELING, 1945), les valeurs suivantes ont été relevées :

U. R.	dynes/cm
92	31,4
70	23,7
60	22,1

Pour les huiles light médium à médium employées pour les traitements de la bananeraie, nous avons obtenu des tensions superficielles comprises entre 30,7 à 33 dynes par centimètre.

Indice de sulfonation.

La teneur d'une huile en composés sulfonables constitue l'une des données les plus importantes pour juger de son utilisation comme pesticide.

On sait que les huiles peuvent être raffinées par action de SO_2 ou d'acide sulfurique : les carbures saturés ne sont pratiquement pas attaqués par l'action de l'acide sulfurique à chaud, alors que les carbures aromatiques ou les aliphatiques non saturés réagissent avec l'acide. Après agitation, les carbures non attaqués se déposent à la surface de la solution acide. De ces données un test de laboratoire a été établi dont voici la description que donne EBELING :

« Le poids spécifique de l'huile à tester est déterminé à 25° C. Le poids équivalant à 5 cm³ d'huile est ainsi déterminé. 5 cm³ de chaque huile à tester sont placés chacun dans l'une des 4 bouteilles à crème de Babcock. 20 cm³ de SO_4H_2 , 37 N, répartis en 4 fractions égales, sont ajoutés lentement à chaque échantillon d'huile. Les bouteilles sont agitées en prenant garde à ce que la température ne s'élève pas à plus de 60° C ; il peut être nécessaire de refroidir artificiellement. Lorsque l'acide est bien incorporé à l'huile, les bouteilles sont placées au bain-marie à 100° C, pendant une heure, tout en étant agitées toutes les 10 minutes pendant 10 secondes. Ceci ne s'applique pas au Kérosène, trop volatil, qui ne peut être chauffé au bain-marie.

« Après le chauffage, on laisse reposer les bouteilles jusqu'à ce que la majeure partie de l'huile soit passée à la partie supérieure. On centrifuge alors à 1 500 tours-minute par tranche de 5 mm jusqu'à ce que le niveau d'huile demeure constant. On lit alors directement en centimètres cubes le nombre de centimètres cubes d'huile restant.

Voici quelques indices des principales qualités d'huiles agricoles utilisées :

Kérosène 98.
Huiles light à Heavy-médium, 92.
Heavy, 94.
Huile d'hiver, 70.

La législation française exige un indice de sulfonation de 92 pour les huiles d'été et 70 pour les huiles destinées aux traitements d'hiver.

Détermination des pourcentages d'hydrocarbures de structures différentes.

L'analyse de CORNELISSEN et WATERMAN, basée sur les valeurs du poids moléculaire, de l'indice de réfraction, de la densité et du point d'aniline, permet, sans fractionnement des différents carbures, de déterminer les pourcentages de chaînes aromatiques, naphthéniques et paraffiniques. La connaissance de la densité et de l'indice de réfraction permet de définir les proportions des principaux hydrocarbures présents dans une huile en consultant des abaques établis par les auteurs.

L'aniline est solubilisée par les carbures aromatiques et les carbures cycliques dans des proportions beaucoup plus élevées que par les autres carbures. On dissout donc à chaud une forte proportion d'aniline et par refroidissement l'on détermine le point à partir duquel l'aniline devient insoluble. Plus la température est basse, plus l'huile considérée contient de carbures aromatiques.

La méthode de LIPKIN-KURTZ, basée sur la comparaison des densités (ou des indices de réfraction) à différentes températures, permet également une détermination de la structure des huiles.

Oxydation.

(SHEPARD). Les composés saturés qui constituent la plus grande partie des hydrocarbures contenus dans les huiles sont susceptibles d'être oxydés, surtout lorsqu'ils sont exposés à l'air libre aux rayons du soleil (U. V.) On peut alors mesurer l'oxydation en dosant les acides formés. Les résultats sont exprimés par la quantité de soude nécessaire pour neutraliser l'acide contenu dans un gramme d'huile. On admet, que, si cet indice est inférieur à 0,16, les risques de brûlures sont négligeables. Entre 0,16 et 0,19 les risques de phytotoxicité sont augmentés et à partir de 0,24, l'huile ne doit pas être utilisée pour les traitements (Advances à Chemistry, série n° 7, p. 40-41, 1952). Cette méthode est surtout utilisée pour définir le degré de décomposition d'une huile.

Produits d'addition.

Les huiles contiennent souvent certains composés

résineux ou asphaltiques, ce sont des constituants amorphes qui peuvent renfermer de l'oxygène, du soufre et de l'azote (EBELING). Les bruts de Pensylvanie peuvent contenir 0,2 % de soufre, ceux de Californie en contiennent souvent de 0,5 à 1 % et cette proportion peut aller jusqu'à 4 %. Certains bruts mexicains peuvent avoir une teneur en soufre encore supérieure (SHEPARD).

LA PHYTOTOXICITÉ

Bien que les dépôts formés par les brouillards légers soient bien supportés par les végétaux, il importe de sélectionner les huiles les moins toxiques pour les plantes, afin d'éviter les accidents qui pourraient résulter d'un emploi exagéré des produits pétroliers.

En effet, lorsqu'on étudie la bibliographie relative à cette question, on est frappé par le nombre des facteurs mis en cause pour expliquer la phytotoxicité des carbures d'hydrogène. Le seul point sur lequel les auteurs sont en général d'accord est le premier temps du phénomène, la pénétration dans les tissus végétaux (BROWN, HAVIS, CURRIER et PEOPLES, STEWART DALLYNS, notamment).

On peut admettre qu'ensuite la phytotoxicité serait uniquement liée à la possibilité d'une pénétration à l'intérieur des cellules. Tant que l'huile demeure dans les espaces intercellulaires, les modifications apportées au métabolisme de la plante n'affectent que modérément les fonctions essentielles (respiration, photosynthèse). Mais à partir du moment où les membranes sont affectées et livrent passage au carbure d'hydrogène, le protoplasme est gravement affecté et les chloroplastes détruits (CURRIER et col.).

En admettant ce schéma simplifié de l'action phytotoxique, on comprendrait la multiplicité des facteurs pouvant intervenir : viscosité de l'huile, tension de vapeur, solubilité dans l'eau, nature des carbures constitutifs, etc...

Un autre processus a également été mis en avant, c'est celui de l'oxydation de l'huile à l'intérieur des tissus avec production de peroxydes ou d'acides gras toxiques pour le végétal ; ce processus expliquerait la plus forte phytotoxicité des carbures non saturés.

Avant de pouvoir émettre une hypothèse valable sur le mode d'action de l'huile, il nous a paru indispensable de préciser un certain nombre de points qui n'avaient en général pas retenu l'attention des chercheurs.

Autres caractéristiques.

Le point éclair, ou température minimum de chauffage de l'huile à laquelle les vapeurs deviennent inflammables ; *le point de fusion*, la détermination de l'intensité de l'odeur dégagée, sont autant de données utiles à connaître pour les utilisations agricoles des huiles.

Méthode de tests.

La plante test, le maïs, est cultivée dans une petite serre à la température de $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$. Le chauffage et le refroidissement sont commandés automatiquement. L'éclairage est assuré par une série de 4 tubes Phytorel, placés à 50 cm des plantes. Chaque maïs est planté dans un petit pot de terre cuite de 6 cm de diamètre, contenant de la vermiculite. L'humidification est assurée en permanence par une mèche de coton fixée dans le trou d'écoulement d'eau du pot et trempant dans une cuve d'eau de 35 litres. Les pots sont donc placés sur une grille à quelques centimètres de la surface de l'eau, ce qui assure une humidité constante de 85 % au niveau des feuilles.

Le premier traitement est fait 4 à 5 jours après la germination, le test dure une semaine. Pendant tout ce temps, le maïs ne reçoit aucun élément nutritif, la plante ne se développe que grâce aux réserves du grain.

Pour le traitement 10 pots sont placés dans un tunnel, sur un plateau tournant, devant un pulvérisateur pneumatique. Trois centilitres d'huile sont alors pulvérisés.

De la façon dont est faite l'atomisation dépend la fidélité du test. En effet, sans précautions particulières, les caractéristiques du nuage seraient variables, suivant les différentes viscosités des huiles testées. Il est nécessaire de disposer d'un appareillage permettant d'assurer la constance du débit en liquide de l'atomiseur quelle que soit la viscosité. De plus, à chaque test, il est prudent de contrôler l'importance du dépôt formé.

On assure une vitesse d'écoulement constante de l'huile en agissant sur la pression appliquée au liquide. Quant aux dépôts, ils sont estimés par pesée d'un carton placé à côté des plants de maïs pendant le traitement.

Pour obtenir une action nette avec la plupart des

huiles testées, il est nécessaire que le dépôt soit de l'ordre de 1 mg par centimètre carré. Pour des valeurs extrêmes de 0,7 à 1,6 mg/cm², les différences d'action de l'huile ne sont pas considérables : au-dessous de la limite inférieure, la gravité des symptômes diminue, mais lorsque les dépôts dépassent 1 mg, il n'apparaît aucune augmentation de la phytotoxicité, le seuil minimum étant dépassé.

Les traitements sont effectués toutes les 48 heures, soit les jours 0, 2 et 4 après le début du test ; les observations sont faites avant chaque traitement et à la fin de l'essai, c'est-à-dire le 7^e jour.

Résultats.

Les notations portent à la fois sur la croissance des plantes et sur les symptômes visibles : nous nous sommes efforcés de définir la surface foliaire totale de chaque lot de plantes et la surface fonctionnelle.

La surface totale est évaluée par le produit de la longueur et de la largeur de chaque feuille, celle-ci étant donc assimilée à un rectangle.

La surface fonctionnelle est déterminée en tenant compte de la gravité des symptômes observés et de l'étendue des altérations sur chaque feuille.

Nous avons donc donné une note à chaque catégorie d'altération généralement observée dans l'ordre chronologique suivant :

- S₁ = taches claires (ou noires) éparses.
- S₂ = zones décolorées (ou noires).
- S₃ = zones jaune sombre.
- S₄ = zones brunes.
- M = feuille morte.

Chaque catégorie correspond à un coefficient :

- S₁ = 0,25.
- S₂ = 0,5.
- S₃ = 0,75.
- S₄ = 1.

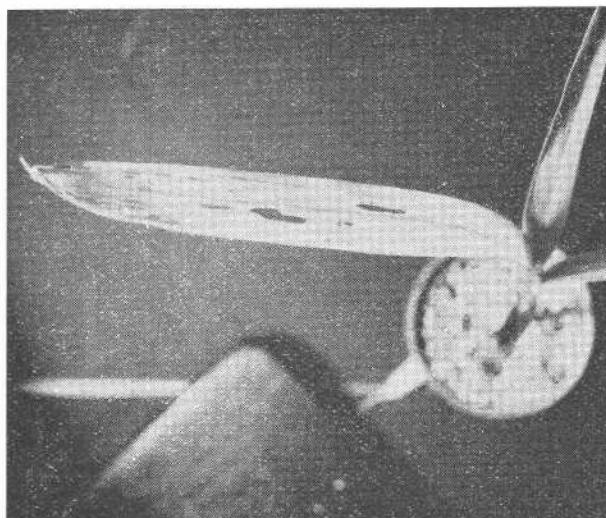


FIG. 2. — Symptômes 2 et 3 sur une feuille de maïs : à l'extrémité distale zones décolorées, au centre zones jaune sombre.

Selon l'étendue de chaque catégorie d'altération sur 1/8^e, 1/4... 4/4 de la feuille, il faut diviser le coefficient ci-dessus, indiquant la gravité par la surface affectée. On obtient ainsi le coefficient final représentant la fraction non fonctionnelle de la feuille qu'il suffira d'appliquer à la surface totale mesurée.

En plus de ces observations, en fin d'expérimentation tous les plants de maïs sont coupés au collet et pesés.

Les essais sont conduits comme de petits essais agronomiques : à chaque test nous avons 5 parcelles témoins de 5 pots de maïs chacune et de 2 blocs égaux au témoin recevant chacun un traitement différent. Soit à chaque test 3 séries de 25 maïs.

Au cours de l'année écoulée, nous avons testé 84 huiles différentes au cours de 42 séries d'essais. Si l'on considère les résultats globalement, en prenant d'un côté tous les lots témoins et de l'autre tous les lots traités de ces 42 tests, les différences entre les séries de témoins et de traités sont les suivantes :

TRAITEMENT	I	II	III	
après	0 jour	2 jours	4 jours	7 jours
Témoins : Surface foliaire				
totale en cm ²	5,07	13,26	22,65	32,69
Traités : — totale	5,07	11,36	16,28	23,36
— : — fonctionnelle	5,07	10,39	12,71	17,26

On voit que la croissance des plantes traitées à l'huile subit sa plus forte réduction, après les deuxième et troisième traitements.

L'action de l'huile s'est surtout manifestée par un ralentissement de la croissance, beaucoup plus que par la destruction des tissus foliaires.

Des pesées globales de plantes traitées et témoins faites sur 22 séries, soit 550 plantes seulement, indiquent une différence de poids de 29,6 % entre traités et témoins.

Sur ces mêmes plantes les mensurations faites comme ci-dessus se traduisent par :

réduction surface totale.....	24,9%
— fonctionnelle.....	15,7
réduction totale.....	40,6%

En comparant ces deux modes d'expression de la phytotoxicité, on voit que la réduction de poids correspond assez fidèlement à la réduction de surface, ce qui est tout à fait normal. Quant à notre évaluation de la surface fonctionnelle, les 15,7 % que nous attribuons à cette réduction ne se traduisent que par une perte de poids supplémentaire de 5 à 6 %, en admettant que le poids spécifique de la plante traitée soit le même que celui du témoin.

Les deux indications ont donc leur intérêt, mais nous pensons que pour des tests rapides, les pesées peuvent suffire pour donner une idée exacte du phénomène.

*
*
*

Les résultats ci-avant se rapportent, comme nous l'avons signalé, à la moyenne générale obtenue avec tous les lots témoins et les lots traités avec des huiles de qualités très différentes.

Ils montrent d'une façon très nette que, dans notre expérimentation, la phytotoxicité se traduit par une inhibition importante de la croissance et par la destruction partielle des tissus foliaires.

Envisageons maintenant les conditions favorisant cette action de l'huile appliquée sur les jeunes plants de maïs.

Trois catégories de facteurs ont été nettement dégagées de notre expérimentation, ils concernent :

- les quantités d'huile appliquées,
- l'influence des conditions ambiantes,
- les propriétés physico-chimiques des huiles.

L'importance des dépôts d'huile.

La quantité d'huile fixée par les feuilles peut varier considérablement selon l'appareillage utilisé pour le

traitement et les caractéristiques de l'huile, ainsi que nous l'avons montré dans un travail précédent (*Fruits*, déc. 57). Nous devons insister sur le fait que l'on ne peut comparer l'action de deux huiles différentes que si les dépôts de ces deux huiles sont égaux en poids ou en volume.

Cette condition paraît élémentaire, mais dans la pratique, elle est bien rarement réalisée. En effet, si l'on utilise un pulvérisateur pneumatique réglé d'une façon déterminée et que l'on pulvérise successivement des huiles de viscosité de plus en plus élevée, on pourra obtenir les variations suivantes des dépôts : (temps de traitement constant, mais volumes d'huile différents).

Viscosité degré Engler	Poids du dépôt
1,78	100
2,7	68,2
4,2	63,3
5,5	46,7
7,1	41
9,3	34,2
10,7	29,6

Avec une huile phytocide, ces différences peuvent se traduire par une réduction de croissance allant de 30,4 % à 0 %.

Ce fait explique pourquoi, dans la pratique de l'atomisation, on a tendance à considérer les huiles fluides comme phytotoxiques, alors qu'en pulvérisation classique, avec les huiles émulsionnées dans l'eau, on constate justement qu'elles sont les moins phytocides.

Pour les atomiseurs, une diminution de viscosité de l'huile se traduit par un plus fort débit ou par l'accroissement de la taille des particules du nuage produit, c'est-à-dire dans tous les cas par une mauvaise répartition du produit.

En pulvérisation à grand volume, la présence de 2 à 4 % d'huile émulsionnée ne modifie pas la viscosité de l'émulsion et les doses appliquées au végétal demeurent constantes quelle que soit la viscosité des huiles de base.

Sur maïs, dans nos conditions d'expérience, une action dépressive ne peut être obtenue, même avec des huiles nettement phytotoxiques, qu'avec des dépôts de l'ordre de 700 à 1 600 γ/cm^2 et à condition de répéter le traitement tous les deux jours. Une immersion dans l'huile produirait approximativement des dépôts aussi importants sur les feuilles.

Sur bananier l'excès d'huile peut être généralisé

(fig. 4 a), la feuille entière prendra alors une coloration jaune ou noire selon les huiles, mais le plus souvent il affecte la forme représentée à la figure 4 (B).

La forme la plus dangereuse est l'atteinte du régime qui produira soit des zones liégeuses brun clair sur les fruits, si l'accident se produit dans le jeune âge, soit des zones noires si le traitement défectueux a eu lieu peu de temps avant la coupe.

Avec les dépôts résiduels habituellement réalisés lors des traitements fongicides normaux par atomisation, de l'ordre de 50 (20 à 100 γ/cm^2) aucune action phytocide ne peut être décelée, même en répétant fréquemment le traitement.

Influence des conditions ambiantes.

Opérant sur des plantes jeunes et éliminant les facteurs nutritionnels, nous devons envisager les facteurs influant sur la résistance du végétal aux traitements avec les huiles minérales. Ce sont principalement la température, l'humidité atmosphérique et l'éclairement.

Les variations de température produisent de grandes différences dans les manifestations de la phytotoxicité. Nous ne nous sommes pas livrés à une étude systématique de ces phénomènes, nous avons simplement vérifié que des élévations de température de l'ordre de 4 à 5° influaient de façon considérable sur les résultats. Voici, à titre d'exemple, les résultats obtenus avec la même huile appliquée aux mêmes doses sur deux lots de maïs, l'un maintenu à 25° C (± 1) et l'autre à 30° C (± 1) :

	Croissance	Surface fonctionnelle	Poids
25° C	— 8,8 %	— 32,4 %	— 4,2 %
30° C	— 24,3 %	— 64,6 %	— 33,4 %

En principe l'élévation de la température favorise la pénétration des huiles dont elle diminue la viscosité (BROWN). Il est bien possible que la chaleur modifie également d'autres processus tels que la perméabilité des membranes et influe aussi sur la tension de vapeur des huiles.

Ce que nous retenons pour notre méthode de tests est qu'on ne peut comparer deux huiles que si les tests sont effectués exactement à la même température.

Il en est de même pour l'humidité ambiante, bien que nous n'ayons pu faire d'essais comparatifs, nos plantes étant toujours placées dans les mêmes conditions hygrométriques, on observe un flétrissement

beaucoup plus rapide que la normale pour des végétaux traités et placés en atmosphère sèche.

Le facteur dont l'étude semble la plus instructive est celui de l'influence de la lumière. L'influence des radiations ultraviolettes sur les phénomènes de phytotoxicité avait déjà été mise en évidence.

Dans notre expérimentation, les plantes sont normalement soumises à une lumière dont les radiations extrêmes sont situées entre 4000 et 7000 Å, seul le proche U. V. peut avoir une action. Physiologiquement, seule une action thermique est donc à attendre, puisque BAKER (V. H.) et col. ont montré que la limite de l'ionisation était de 2 880 Å.

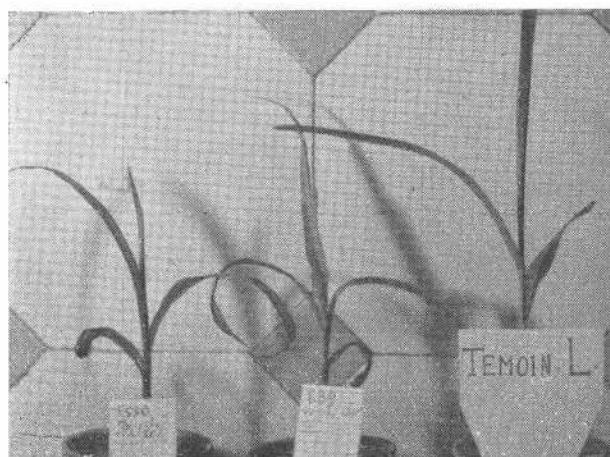


FIG. 3. — Différences de croissance entre une plante témoin à droite et 2 maïs traités avec des huiles différentes.

Pour l'expérimentation 3 lots de maïs étaient soumis à des conditions différentes d'éclairement, toutes autres conditions étant égales par ailleurs. Un lot était maintenu à la lumière artificielle définie ci-avant, le second, dans le même dispositif, ne recevait la lumière qu'à travers un filtre à U. V., le troisième lot était maintenu à l'obscurité totale.

Cet essai fut fait avec deux huiles de qualités très différentes, l'une phytotoxique contenant 15 % d'aromatiques et l'autre bien raffinée peu phytocide dosant moins de 5 % de composés aromatiques.

A l'obscurité, on remarque bien entendu une croissance beaucoup plus rapide du maïs avec une coloration jaune clair due à une insuffisance chlorophyllienne. Les lots traités sont comparés avec des témoins placés dans les mêmes conditions.

Les résultats sont les suivants :

	Huile phytotoxique C Ψ		Huile peu phytocide C Ψ	
Lumière.....	— 42,3	— 34,8	0	— 24,8
Lumière -U.V..	— 39,5	— 12,3	— 8,7	— 13,9
Obscurité.....	0	— 14,8	— 2,3	— 21

(C = réduction de la surface foliaire totale en %).

(Ψ = réduction de la surface foliaire fonctionnelle en %.)

On remarque que la croissance du maïs est affectée par l'huile phytotoxique en présence de la lumière seulement, alors que pour la deuxième huile l'éclairement est sans influence. Les nécroses, par contre, se produisent dans tous les cas, plus spécialement à la lumière, mais sans qu'on puisse trouver une corrélation nette.

Si l'on étudie les modifications d'acidité de l'huile après exposition à une lumière riche en U. V. afin d'accentuer le phénomène, on constate qu'après 4 heures la teneur en acides passe de 0,18 à 0,70 (mg K₂O) alors que 0,24 constitue la limite généralement acceptée pour les huiles agricoles.

Cette constatation donnerait à penser que le phénomène le plus important pour les huiles contenant des composés non saturés est la formation de composés oxygénés : oxydes, peroxydes et acides gras. Toutefois ces composés auraient surtout, dans nos tests, une action sur la croissance de la plante. La destruction des tissus : décoloration et nécroses ne seraient pas influencées par une action chimique. Avant de développer ce point de vue, il importe de rechercher des faits expérimentaux permettant de compléter ces premières données.

Influence de la composition physico-chimique des huiles minérales.

Nous savons que les huiles minérales, utilisées en agriculture, sont un mélange complexe de carbures d'hydrogène : saturée de la série paraffinique (aliphatique) et de la série naphénique et non saturée aromatique et oléfines (dérivés des séries éthylénique et acéthylénique). Les huiles renferment en outre des résines, des composés soufrés et souvent des traces d'éléments les plus divers.

Il est difficile de tester isolément l'action des divers constituants des huiles sans avoir recours comme HAVIS aux carbures eux-mêmes. Aussi, dans notre expérimentation, nous sommes-nous limités à la recherche d'une corrélation entre la phytotoxicité et la teneur en carbures aromatiques, naphéniques

et paraffiniques, dosés par la méthode de CORNELISSEN et WATERMAN.

Aromatique : Voici les résultats obtenus par la composition de l'action phytotoxique des huiles :

TENEUR EN AROMATIQUES	RÉDUCTION DE SURFACE EN %		RÉDUCTION DE POIDS EN %
	totale	fonction- nelle	
0	5,2	4,3	—
0,7	2,5	5	—
2,5	2,5	12	—
3	0	5,4	—
5	0,45	22,7	—
5	10,2	8,3	3
5	8,8	32,4	4,2
7	4,4	12,2	3,3
9,1	3	11,7	3
10,6	30,2	31,7	45,4
12	34,4	26,2	48,2
14,7	26,3	26,7	12
17,1	29,9	22,7	16
17,7	28,3	25,4	27,7
23	33,2	10,7	31,1

Ces chiffres montrent nettement que dès que la concentration en aromatiques atteint 10 %, l'huile produit une action très nette sur la croissance du maïs qui se trouve réduite de près de 30 %. Par contre la surface nécrosée, bien qu'étant généralement plus importante, n'est pas systématiquement augmentée, inversement des nécroses importantes peuvent être produites par des huiles peu riches en aromatiques.

Paraffiniques-Naphéniques : Avec les huiles testées, nous ne pouvons trouver de corrélation entre la phytotoxicité et la teneur en carbures naphéniques, les huiles riches en carbures naphéniques 35 à 40 % ne se montrent pas plus phytotoxiques que celles d'origine paraffinique, 25 % de naphéniques environ.

Autres constituants : Une étude serait à faire sur l'influence de la présence dans l'huile de composés soufrés et aussi de l'influence de l'acidité. Ces deux facteurs sont certainement importants dans bien des cas, en principe leur présence doit être accidentelle, mais il faut en tenir compte en cas d'accidents sur la végétation.

Propriétés physiques : Viscosité, tension superficielle et tension de vapeur sont les caractéristiques

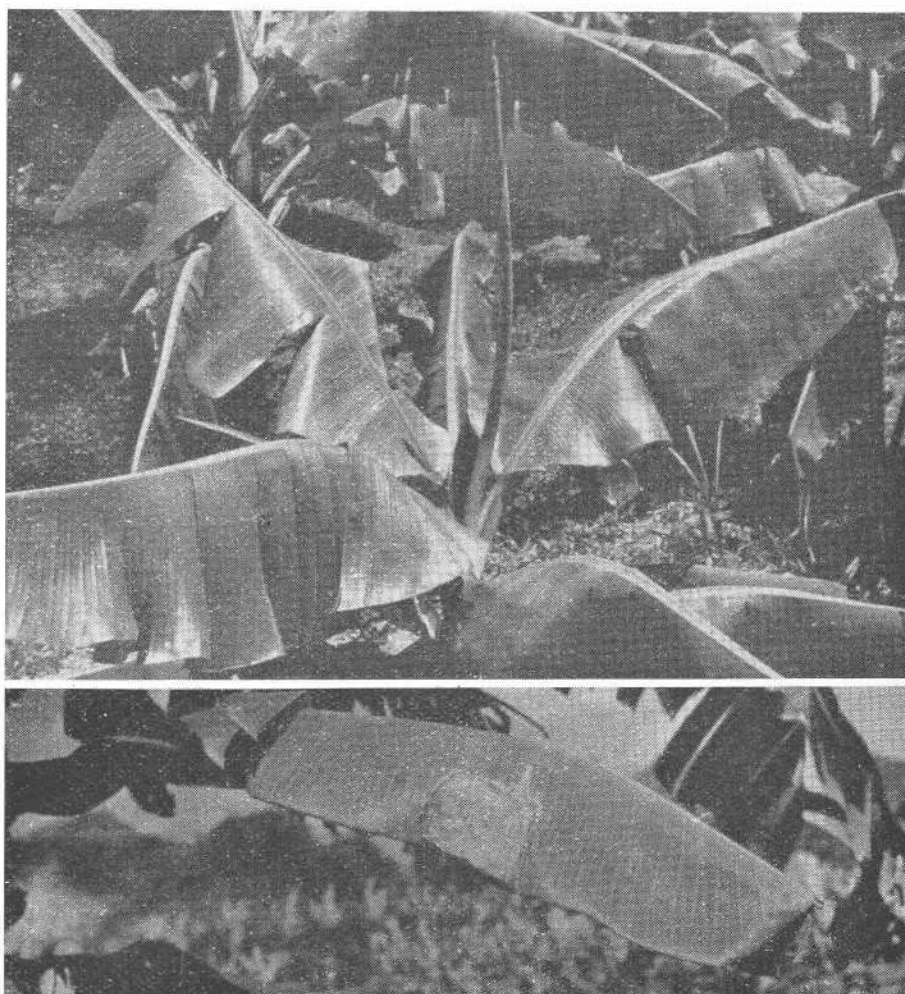


FIG. 4. — *En haut* : Excès d'huile généralisé sur les feuilles terminales du bananier.

En bas : Une fraction de feuilles a reçu un excédent d'huile au passage de l'appareil ; une nécrose localisée s'est produite.

les plus intéressantes à étudier. Dans l'état actuel de nos recherches, nous n'avons envisagé que la viscosité. Si l'on compare le phytotoxicité d'huiles de viscosités différentes, mais contenant toutes moins de 5 % d'aromatiques, nous obtenons les résultats suivants :

VISCOSITÉ °ENGLER A 20° C	RÉDUCTION EN % DE LA SURFACE		DU POIDS
	totale	fonction- nelle	
3,7	2,5	12	—
3,6	3,5	33,4	3
4,85	0	5,4	—
5	2,5	5	—
6,9	4,4	12,2	3,35
13	10,2	8,3	—

Dans la marge des viscosités requises pour les huiles utilisées lors des traitements par atomisation, les variations de viscosité n'entraînent que de faibles modifications de phytotoxicité. Il se peut que ce facteur ait cependant une influence sur la phytotoxicité chronique et sur les effets d'accumulation dans la plante que nos tests ne peuvent déceler entièrement.

Discussion.

De ces quelques données expérimentales, il serait bien imprudent de vouloir tirer des conclusions générales. Remarquons cependant que plusieurs faits ou hypothèses de travail peuvent être dégagés :

— Les dépôts d'huiles réalisés normalement, lors des traitements par atomisation, sont sans effet sur le maïs comme ils le sont sur le bananier et sur bien d'autres plantes. L'action phytotoxique ne résulte que de l'emploi de quantités considérables d'huile.

*

— Deux catégories de facteurs semblent déterminants.

En premier lieu la composition chimique de l'huile ainsi que nous l'avons montré : les composés non saturés agiraient soit directement, soit plus encore après décomposition par la lumière. Sur maïs, cette action se manifeste par une réduction très nette de la croissance. Sur bananier, ils confèrent à la feuille une coloration noire typique et aux fruits des zones subérifiées ou nécrosées.

Les deuxièmes facteurs seraient vraisemblablement d'ordre physique sans que l'on puisse les rattacher directement à la viscosité. Ils produisent, sur maïs, les altérations des tissus : destruction des chloroplastes, suivie de nécrose. Une action d'ordre chimique est difficile à admettre puisque cette manifestation se produit aussi bien avec des huiles paraffiniques raffinées à 100 % qu'avec des huiles de toutes origines.

Ces faits nous conduisent à considérer qu'il existe non pas une forme aiguë et une forme chronique de la toxicité des huiles minérales, comme l'admet BROWN, mais un mode d'action chimique et un second mode physique qui interviennent chacun à plus ou moins long terme.

Conclusion.

De ces quelques données expérimentales, nous pouvons retenir pour l'utilisateur qu'il peut opérer une première sélection dans le lot des huiles qui lui sont

FIG. 5. — Action des rayons ultraviolets sur une plante traitée au gas-oil. Au centre le témoin, à droite le maïs traité et irradié avec des nécroses importantes. A gauche le filtre à U. V. a diminué la destruction des tissus.

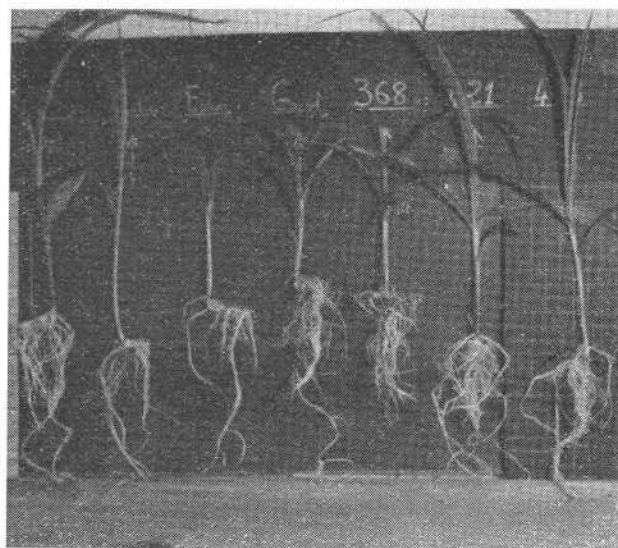
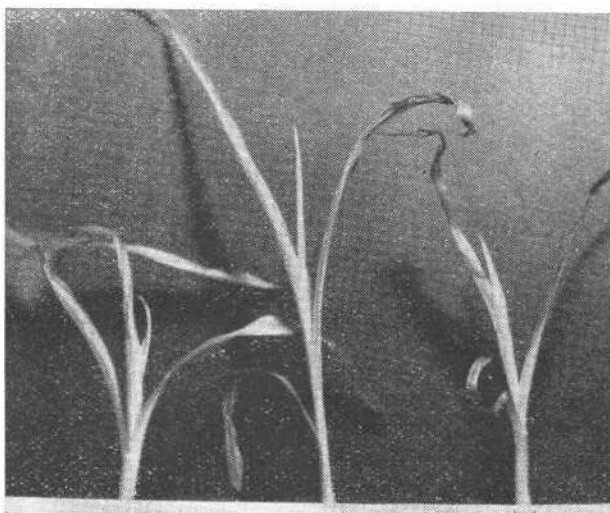


FIG. 6. — Test avec des huiles possédant des teneurs en aromatiques différentes. Noter les réductions de croissance.

proposées, pour les traitements par « brouillards légers ».

Les caractéristiques à retenir sont :

- dénomination : huile agricole, médium on light médium,
- viscosité : 4 à 7° Engler à 20° C — pas inférieure à 3° E à 30° C,
- densité : 0,830 à 0,930 — si possible moins de 0,900,
- distillation : 50 % distillant entre 325 et 340 maximum,
- évaporation : moins de 20 % au test de Lallata,
- indice de sulfonation (U. N. R.) : 85-90 % minimum,
- teneur en aromatiques (CORNELISSEN et WATERMANN) : inférieure à 10 à 12 %,
- nature : indifféremment paraffinique ou naphté-nique,
- acidité : inférieure à 0,16 (en K_2O),
- produits d'additions : exempts de composés soufrés ou présence de traces.

On note que pendant les périodes très ensoleillées, les risques sont beaucoup plus importants. Il en est de même aux heures où la température est élevée. S'il faut traiter pendant ces périodes, on a intérêt à choisir une huile très raffinée et peu visqueuse.

En régime irrigué, pendant la saison sèche il est rare d'avoir à traiter *Cercospora musae*, mais s'il le faut on choisira le moment des apports d'eau pour les applications d'huile.

I. F. A. C.

Laboratoire de Défense des Cultures.

RÉFÉRENCES CITÉES

- BAKER (V.), WIAIT (DE) & TABOADA (O.). — Effects on Electromagnetic energy of plants and animals. *Mec. Eng.*, juin 1954.
- BROWN. — Insect Control by Chemical N. Y.
- CHAPMAN (P. J.) & Col. — Oil Sprays for Fruit Trees. *Agric. Yearbook*, n° 2319, 1952.
- CURRIER (H. B.) & PEOPLES (S. A.). — Phytotoxicity of Hydrocarbon. *Hilgardia*, vol. 23, nov. 1954, n° 6.
- CORNELISSEN & WATERMAN. — Constitution of Mineral oil fractions. *Tech. Un. of Chemic. Eng. Delft*, 956, janvier.
- DALLYN (S.). — Herbicidal action of oils. Cornell University Memoir 298, Aug. 1950.
- EBELING (W.). — Subtropical Entomology, 1950.
- GUYOT (H.) et CUILLE (J.). — Les formules fongicides huileuses pour le traitement des Bananeraies. *Fruits*, vol. 9, n° 7, 1954, p. 289-292.
- LALLATA (F.). — Gli insetticidi a base di olei di distillazione. *Ital. agric.*, 51, vol. 88, n° 2, p. 108-112.
- PEARCE (C. W.) and Col. — Insecticidal Efficiency of Saturated Petroleum Fractions. *Ind. and Eng. chem.*, vol. 40, févr. 1948, p. 284.
- SHEPARD (H. H.). — The Chemistry and Action of Insecticides. N. Y., 1951, Mac Graw Hill Book Company.

Nous signalons à nos lecteurs que l'article : « Le commerce mondial de la banane en 1956 » de R. M. Cadillat (I. F. A. C.) prévu au sommaire de « Fruits » de janvier 1958, a été retardé pour des raisons techniques, et paraîtra dans Fruits de mars 1958.

Note de la Rédaction.

KIEKENS DEKKER

ATOMISEURS

PORTATIFS
ET TRACTÉS

POUDREUSES

PULVÉRISATEURS

GAMME COMPLÈTE D'APPAREILS
POUR LA DÉFENSE DES CULTURES

AGENCES en GUADELOUPE et MARTINIQUE

TOUS RENSEIGNEMENTS :

KIEKENS WHIRLWIND A WADENOIJEN HOLLANDE